หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

กรรมวิธีการผลิตของโรงงานตัวอย่าง

โรงงานที่เลือกศึกษาในครั้งนี้คือโรงงานจรุงไทยไวร์แอนด์เคเบิ้ล ซึ่งเป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่เริ่มดำเนินการผลิตมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2512 โดยเป็นการร่วมทุนระหว่างไทยกับไต้หวัน ปัจจุบันคนไทยถือหุ้นอยู่ 60% และไต้หวัน 40% มีเงินลงทุนทั้งหมด 42 ล้านบาท ใช้วัตถุดิบในประเทศเป็นมูลค่าประมาณปีละ 13 ล้านบาท และวัตถุดิบจากต่างประเทศปีละประมาณ 45 ล้านบาท มีคนงาน 224 คน ผลิตภัณฑ์ของบริษัทได้รับเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจากกระทรวงอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2518 ผลผลิตของบริษัทมี 2 ประเภท คือ ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป ได้แก่ อลูมิเนียมเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มม. และทองแดงเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. ส่วนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้แก่ สายไฟฟ้าอลูมิเนียมและทองแดงชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้บริษัทยังมีโครงการขยายการผลิตสายโทรศัพท์เพิ่มขึ้นอีกด้วย ต่อมาหุ้นสามัญของบริษัทได้รับอนุญาตให้จดทะเบียนเป็นหลักทรัพย์ จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ยกฐานะของบริษัทขึ้นเป็นบริษัทมหาชน

ประเภทของผลิตภัณฑ์

ในปัจจุบันทางโรงงานจรุงไทยไวร์แอนด์เคเบิ้ล ทำการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดโดยจำแนกออกได้ดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์อลูมิเนียม
   - ก. อลูมิเนียมเส้น (Aluminium Rod Wire)
   - ข. อลูมิเนียมเทป (Aluminium Flat Armour Type)
   - ค. สายไฟฟ้าอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (All Aluminium Conductor)
   - ง. สายไฟฟ้าอลูมิเนียม-อัลลอยตีเกลียวเปลือย (All Aluminium Alloy Conductor)
   - จ. สายไฟฟ้าอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือยแกนเหล็ก (Aluminium Conductor Steel Reinforced)

ฉ. สายไฟฟ้าอลูมิเนียม-อัลลอยตีเกลียวเปลือยแกนเหล็ก (Aluminium Alloy Conductor Steel Reinforced)

ช. สายไฟฟ้าอลูมิเนียมหุ้มฉนวน พีวีซี (PVC Insulated Aluminium Cable)

ช. สายไฟฟ้าอลูมิเนียมหุ้มฉนวน พีอี (PE Insulated Aluminium Cable)

ฌ. เซอร์วิซดรอพเคเบิ้ล (Self-Supporting Service Drop Cable)

2. ผลิตภัณฑ์ทองแดง

ก. ทองแดงเส้น (Copper Rod Wire)

ข. ทองแดงลวดชุบดีบุก (Tin Coated Copper Wire)

ค. ทองแดงตีเกลียวเปลือย (Copper Strand Conductor)

ง. พาวเวอร์-เคเบิ้ลแกนเดียว และหลายแกน (Single Core Power Cable & Multi Cores Power Cable)

จ. คอนโทรลเคเบิ้ล (Control Cable)

ฉ. อีเลคโทรนิคส์ไวร์ (Electronic Wire)

ช. สายไฟรถยนต์ (Automobile Wire)

3. ผลิตภัณฑ์สายโทรศัพท์

ก. สเตชันไวร์ (Station Wire)

ข. จัมเพอร์ไวร์ (Jumper Wire)

ค. สวิทช์บอร์ดไวร์ (Switch Board Wire)

ง. ดรอพไวร์ (Drop Wire)

จ. สายโทรศัพท์ภายในอาคาร (Indoor Telephone Cable)

ฉ. อัลเพธเคเบิ้ล (Alpeth Telephone Cable)

ช. อัลเพธ ฟิคเกอร์ เอจท์ เคเบิ้ล (Figure & Alpeth Telephone Cable)

<u>กรรมวิธีการผลิตสายไฟฟ้า</u>

อุตสาหกรรมการผลิตสายไฟฟ้า เป็นการผลิตโดยแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้การควบคุมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติตามต้องการ

กรรมวิธีการผลิตสายไฟฟ้าเป็นกรรมวิธีที่ไม่ซับซ้อน แบ่งขั้นตอนที่สำคัญออกได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการหลอมและรีดเส้น
2. ขั้นตอนการรีดลวด
3. ขั้นตอนการเกลียวสาย
4. ขั้นตอนการเตรียมจำหน่าย

รูปที่ 1 แสดงแผนภูมิขั้นตอนของกรรมวิธีการผลิตสายไฟฟ้า

1. ขั้นตอนการหลอมละลายและรีดเส้น เป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะนำไปรีดให้เป็นเส้นลวดเพื่อนำไปทำการเกลียวสายต่อไป ขั้นตอนนี้นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการผลิตสายไฟฟ้า กล่าวคือจะต้องนำทองแดงหรืออลูมิเนียมมาหลอมแล้วหล่อเป็นแท่ง จากนั้นจึงนำมาผ่านเครื่องรีดให้เป็นเส้นเป็นวัตถุกึ่งสำเร็จรูป พร้อมที่จะนำไปรีดลดให้เป็นเส้นลวดตามขนาดต่าง ๆ ที่ต้องการ ในการรีดเส้นลวดหากส่วนผสมของวัตถุดิบไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อความยากง่ายของการรีดลดขนาดและคุณภาพของสายไฟในภายหลัง แผนภูมิกระบวนการหลอมและรีดเส้นแสดงในรูปที่ 2

2. ขั้นตอนการรีดลวด เป็นขั้นตอนที่ทำต่อจากการรีดเส้น ซึ่งเป็นการนำวัตถุกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านจากขั้นตอนที่ 1 มารีดลดขนาดให้ได้ตามต้องการ และพร้อมที่จะนำไปทำการเกลียวสายเป็นสายไฟฟ้าต่อไป แผนภูมิขั้นตอนการรีดลวดแสดงในรูปที่ 3

3. ขั้นตอนการเกลียวสาย เป็นขั้นตอนที่นำลวดที่รีดได้ตามขนาดแล้วจากขั้นตอนที่ 2 มาทำการเกลียวสายด้วยเครื่องเกลียวสาย จำนวนเส้นลวดที่นำมาเกลียวสายจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของผลิตภัณฑ์ หลังจากเกลียวสายเสร็จแล้ว หากเป็นสายไฟฟ้าชนิดที่ไม่มีฉนวนหุ้มจะส่งเข้าเครื่องม้วนเก็บในล้อ แต่ถ้าหากเป็นสายชนิดมีฉนวนหุ้มจะผ่านสายที่เกลียวสายแล้วเข้าเครื่องเคลือบสายด้วยฉนวนก่อนแล้วจึงส่งเข้าเครื่องม้วนเก็บในล้อต่อไป แผนภูมิขั้นตอนการเกลียวสายแสดงในรูปที่ 4

4. ขั้นตอนการเตรียมจำหน่าย เป็นขั้นตอนการนำผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้ามาเก็บในล้อตามชนิด ขนาด และความยาวของสายไฟฟ้า จากนั้นจึงนำไปชั่งน้ำหนัก เอาไม้ปิดล้อบรรจุและนำเข้าเก็บเพื่อรอการจำหน่าย แผนภูมิขั้นตอนการเตรียมจำหน่ายแสดงในรูปที่ 5

รายละเอียดกรรมวิธีการผลิตสายไฟฟ้าอลูมิเนียม

1. ขั้นตอนการหลอมและรีดเส้นอลูมิเนียม ขั้นตอนนี้เริ่มด้วยการนำอลูมิเนียมแท่ง Aluminium Ingot นำเข้าจากต่างประเทศ) บรรจุเข้าเตาหลอมตามปริมาณที่ต้องการแล้ว ทำการหลอมโดยวิธีฉีดเชื้อเพลิงและอากาศเข้าไป สันดาปโดยตรงในห้องเผาไหม้ของเตาหลอม อลูมิเนียมที่ใช้เป็นอลูมิเนียมที่มีความบริสุทธิ์ ประมาณ 99.7% ชนิด EC (Electric Conductor) อลูมิเนียมแท่งจะหลอมละลายภายในห้องเผาไหม้ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิการหลอมตลอดเวลา เมื่อได้คุณสมบัติและอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว จะนำอลูมิเนียมที่หลอมละลายนี้ไหลผ่านรูเทและไหลตามทางวิ่งไปลงที่บ่อพัก

อลูมิเนียมหลอมละลายจากบ่อพักจะไหลเข้าสู่แบบหล่อชนิดต่อเนื่อง ซึ่งควบคุมการไหลของโลหะหลอมละลายอย่างอัตโนมัติ ดังรูปที่ 6 แบบหล่อจะหมุนเวียนนำโลหะเหลวผ่านระบบทำความเย็น แปรสภาพเป็นโลหะแท่งห้าเหลี่ยม ดังรูปที่ 7

โลหะแท่งจะเคลื่อนตัวเข้าเครื่องรีด (Rolling Mill) เครื่องรีดจะรีดโลหะแท่ง 5 เหลี่ยมให้ลดขนาดเป็นโลหะเส้นกลมขนาด 8.0 มม. ภายในเครื่องรีดจะมีระบบการหล่อลื่นและระบายความร้อน ระบบอุปกรณ์การหลอมหล่อรีดและม้วนจะเป็นดังรูปที่ 8 โลหะเส้นที่ผ่านเครื่องรีดแล้วจะเข้าสู่เครื่องม้วนทำเป็นขดสำเร็จดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 9

นำอลูมิเนียมเส้นที่เป็นขดสำเร็จ ดังแสดงในรูปที่ 10 และ 11 มาตรวจสอบคุณสมบัติดังนี้ ความเค้นแรงดึง การยืดตัว และการนำไฟฟ้า หลังจากนี้จึงนำเก็บเพื่อรอการจ่ายไปสู่งานผลิตในขั้นตอนต่อไป

เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการหลอมและรีดเส้นจะมีดังนี้

ก. เตาหลอมเปิดรีเวอเบอราทอรี

ข. อุปกรณ์ระบบเทหล่อ

ค. เครื่องหล่อต่อเนื่อง (ดังแสดงในรูปที่ 12 และ 13)

ง. เครื่องรีดต่อเนื่องและเครื่องดันกำลัง

จ. อุปกรณ์หมุนเวียนสารหล่อลื่นและระบายความร้อน

ฉ. เครื่องม้วน

ช. เครน

2. ขั้นตอนการรีดลวด ในขั้นตอนนี้นำเอาวัตถุดิบอลูมิเนียมเส้นขนาด 8.0 มม. ที่ผ่านการทดสอบคุณสมบัติแล้วมาป้อนเข้าเครื่องรีดลดขนาด โดยใช้หัวรีดทังสเตนจำนวน 10 หัวรีด รีดลดขนาดเส้นลวดจาก 8.0 มม. ลงเรื่อย ๆ จนถึง 2.52 มม.(ขนาดของสายอลูมิเนียมดีเกลี่ยวเปลือย 35 มม.) ดังรูปที่ 14

ในแต่ละจุดที่เส้นลวดผ่านหัวจับได (Die holder) จะมีสารหล่อลื่นฉีดเลี้ยงหัวรีดเพื่อช่วยลดการเสียดสีและระบายความร้อน เมื่อรีดผ่านหัวรีดหัวสุดท้าย เส้นลวดก็จะวิ่งผ่านเครื่องวัดระยะ (Autocounter) ชนิดตั้งความยาวแบบอัตโนมัติเข้าสู่เครื่องม้วนลวด เครื่องจักรจะหยุดทำงานอย่างอัตโนมัติเมื่อได้ความยาวตามต้องการ

คุณลักษณะที่ต้องการของลวดอลูมิเนียมขนาด 2.52 มม. หลังจากรีดแล้ว

ก. มาตรฐานกำหนดค่าความต้านทานได้ไม่เกิน 0.028264 โอห์ม ตารางมิลลิเมตรต่อเมตร หรือ 0.076397 โอห์ม กรัมต่อตารางเมตร ที่ 20 องศาเซลเซียส และให้ค่านี้เป็นค่าสำหรับการคำนวณในการใช้งาน

ข. ความหนาแน่นของลวดอลูมิเนียมรีดแข็งต้องเป็น 2.703 กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ค. สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามยาวของลวดอลูมิเนียมรีดแข็ง กำหนดให้เป็น 23×10^{-6} ต่อองศาเซลเซียส

ง. สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงความต้านทาน ตามอุณหภูมิเมื่อมวลคงที่ (constant-mass temperature coefficient of resistance) มีค่า 0.00403 ต่อองศาเซลเซียส ที่ 20 องศาเซลเซียส

จ. คุณสมบัติทางกลของลวดอลูมิเนียมรีดแข็ง (รายละเอียดในภาคผนวก)

เครื่องจักรและอุปกรณ์ในขั้นตอนการรีดลวดมีดังนี้

ก. เครื่องรีด (Rough wire drawing machine slip type) ดูรูปที่ 15

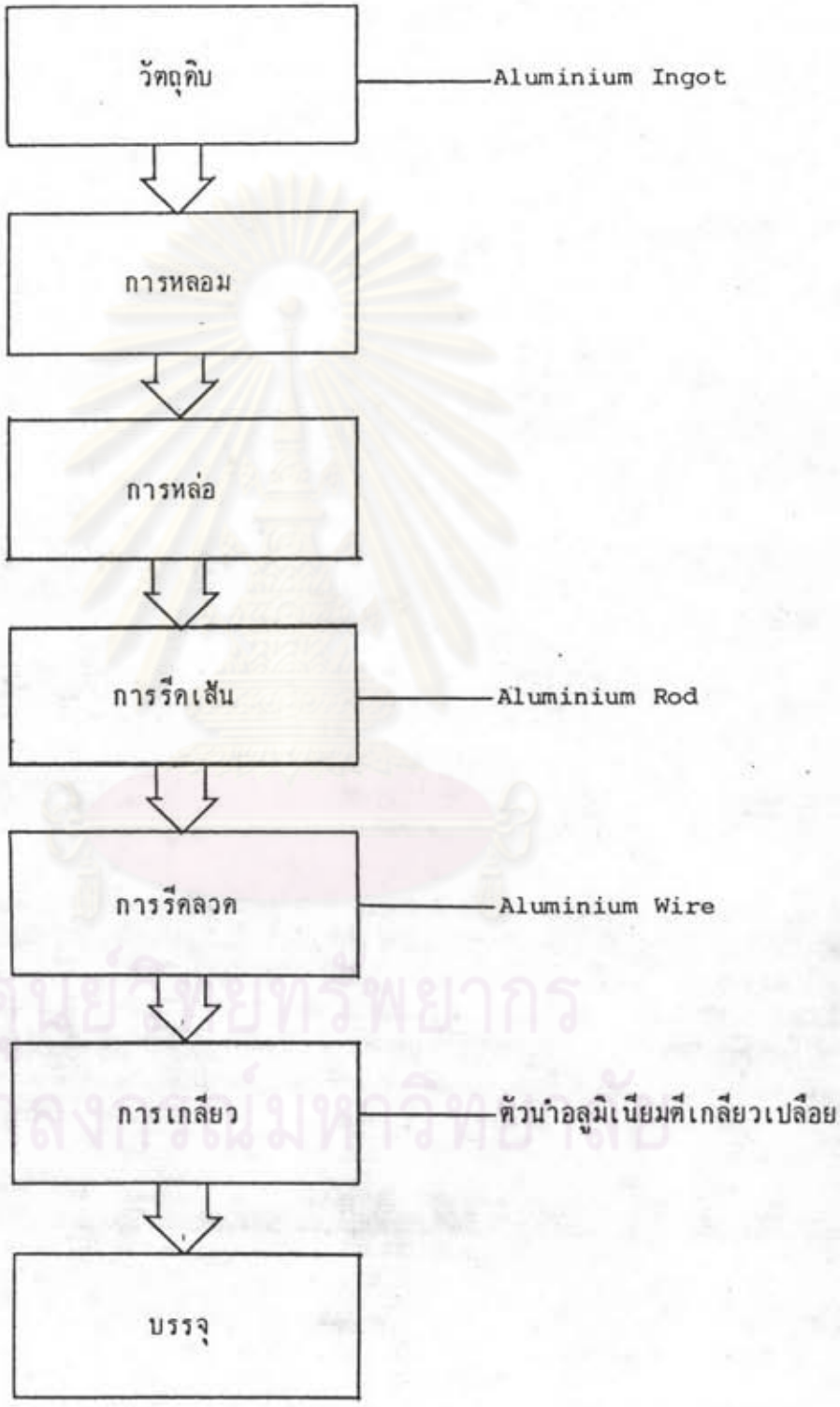
ข. หัวรีด (Die)

ค. เครื่องม้วนสาย ดูรูปที่ 15

ง. เครื่องวัดความยาวของเส้นลวดอัตโนมัติ (Wire length auto-counter)

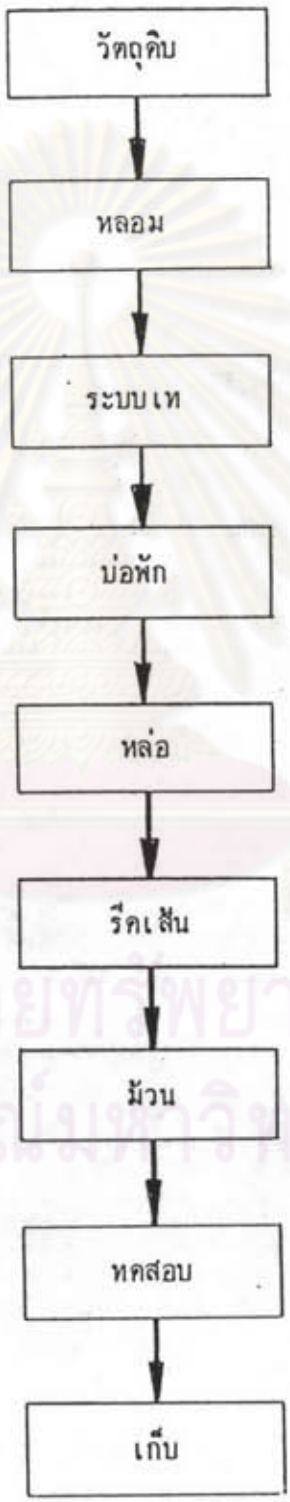
จ. เครื่องสูบน้ำมัน

ฉ. มอเตอร์



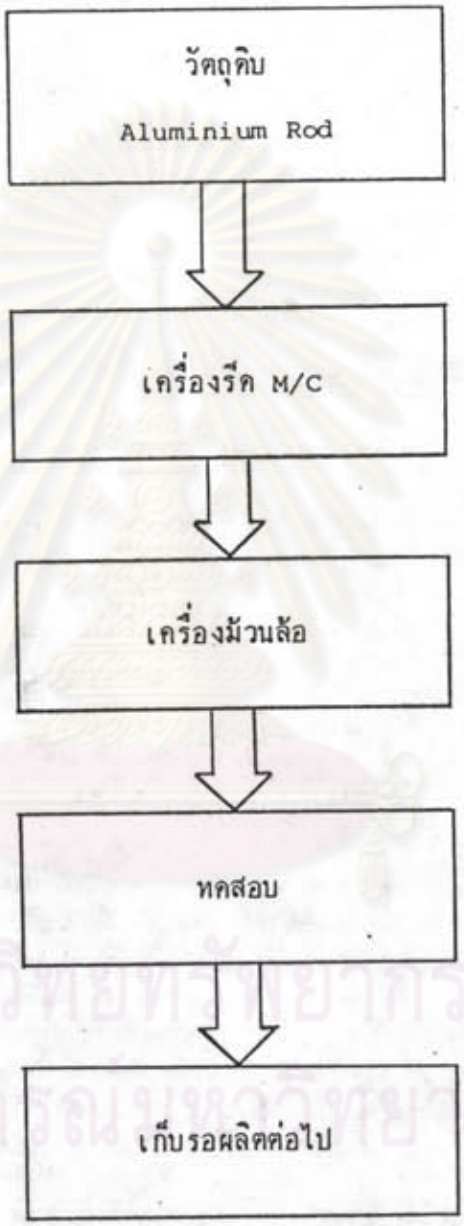
รูปที่ 1 แสดงกรรมวิธีผลิตรวม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



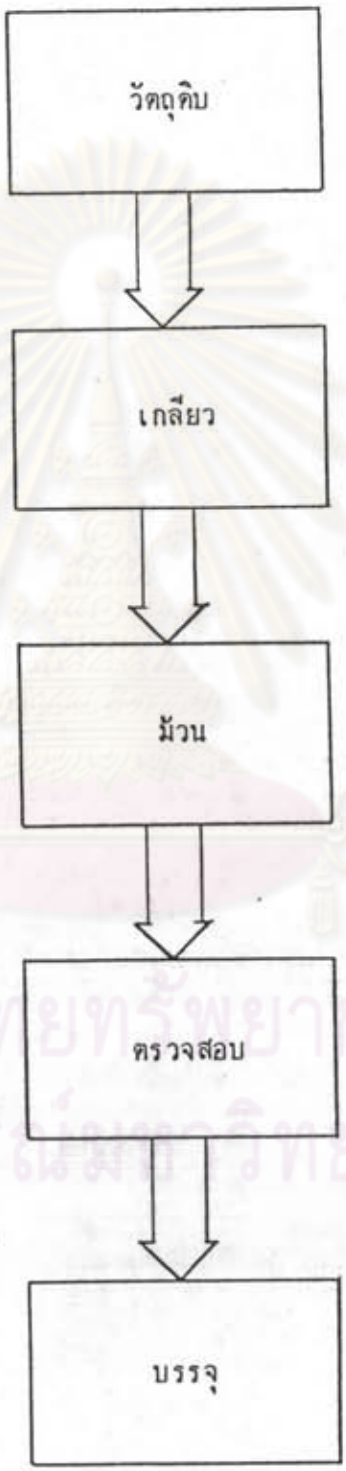
รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการหลอมและรีดเส้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



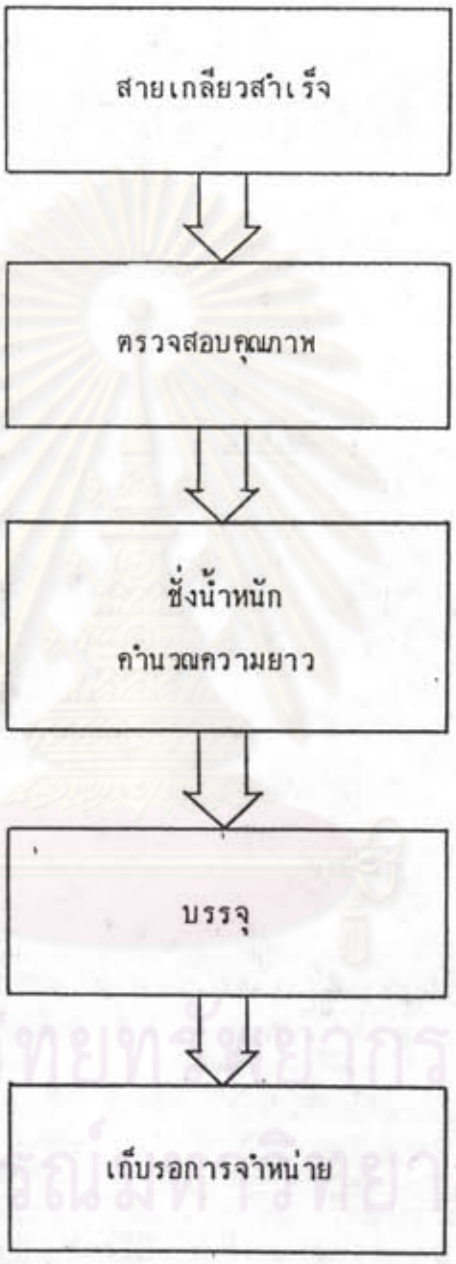
รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการรีดลวด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



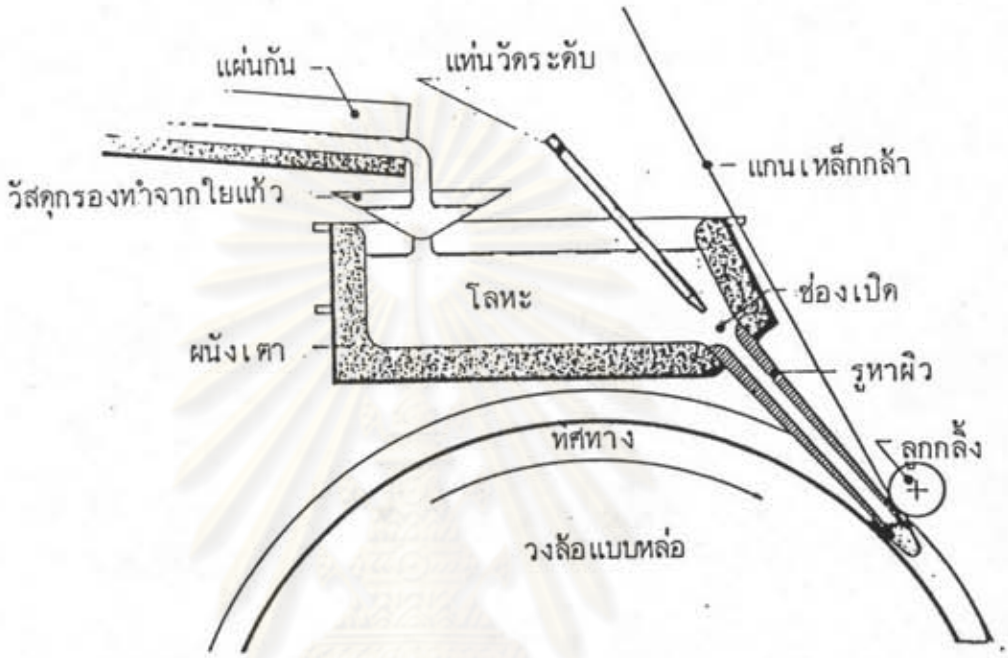
รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนการเกลียวสาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการบรรจุและจำหน่าย

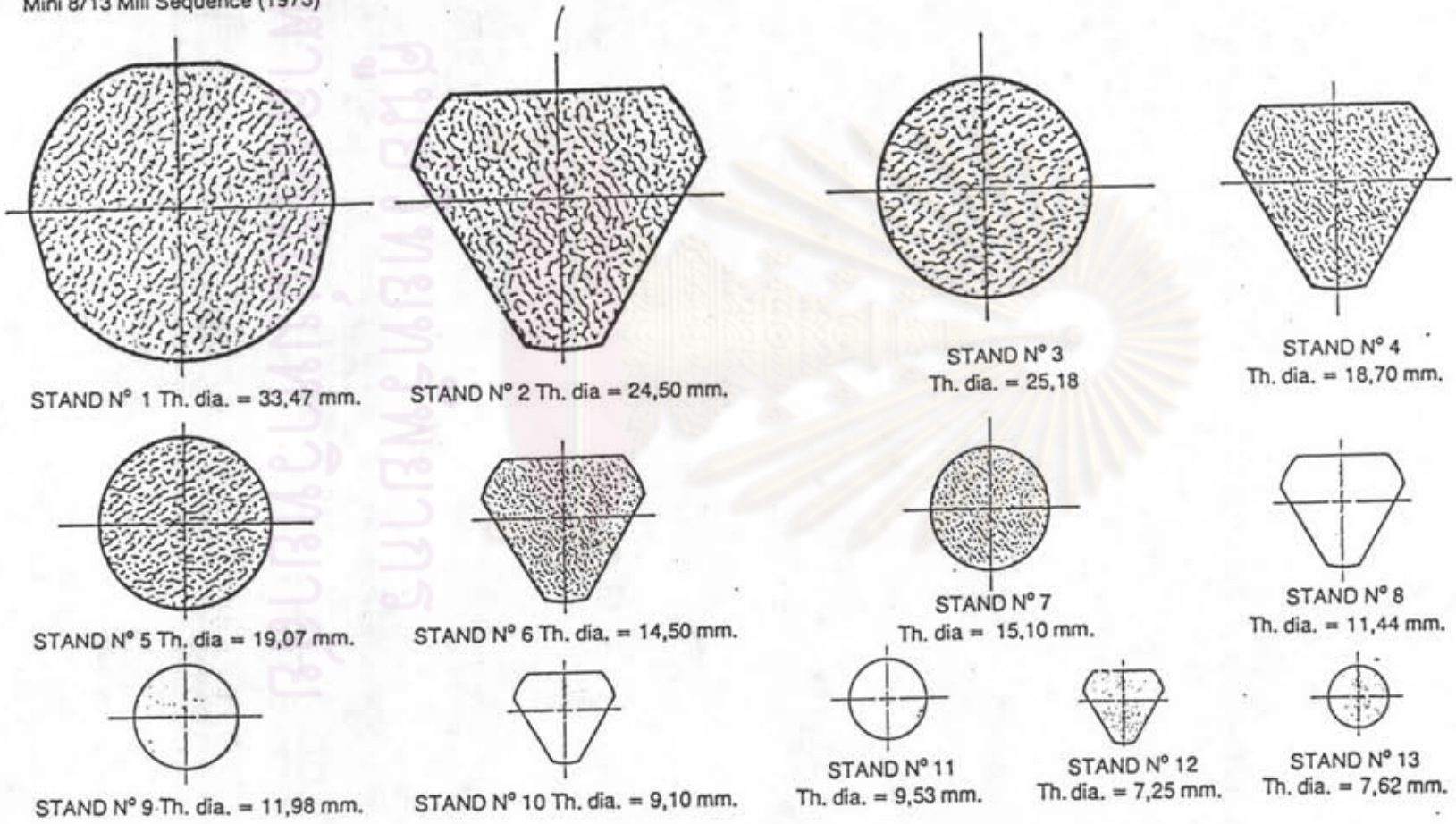
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



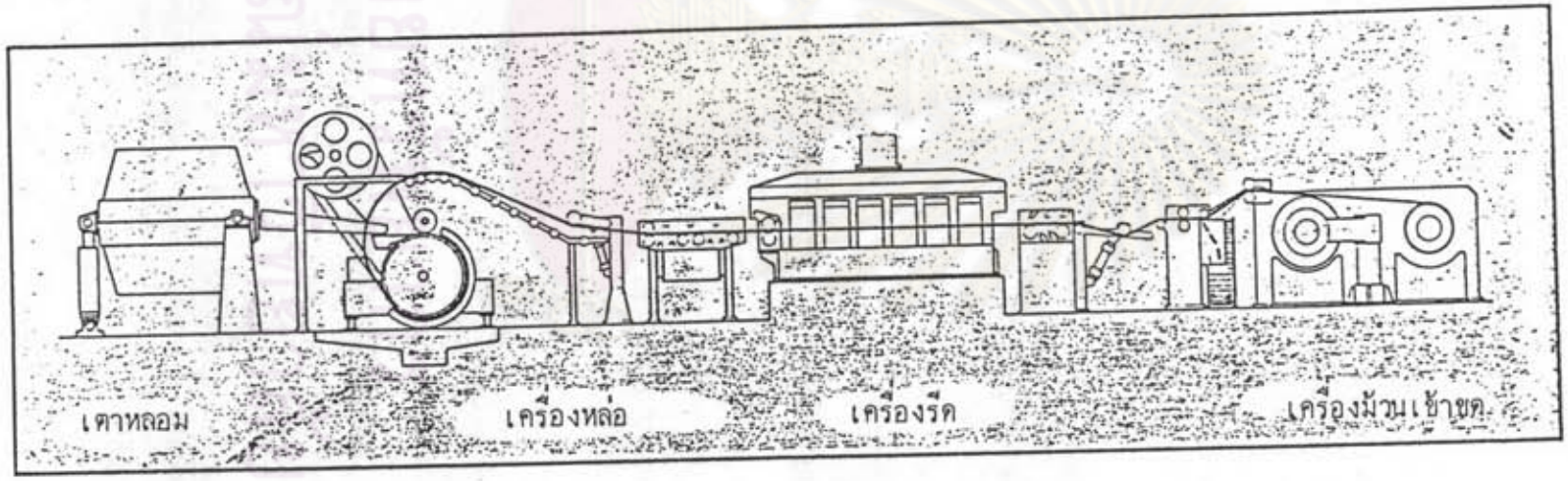
รูปที่ 6 ลักษณะของการเทหล่ออลูมิเนียมหลอมละลาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

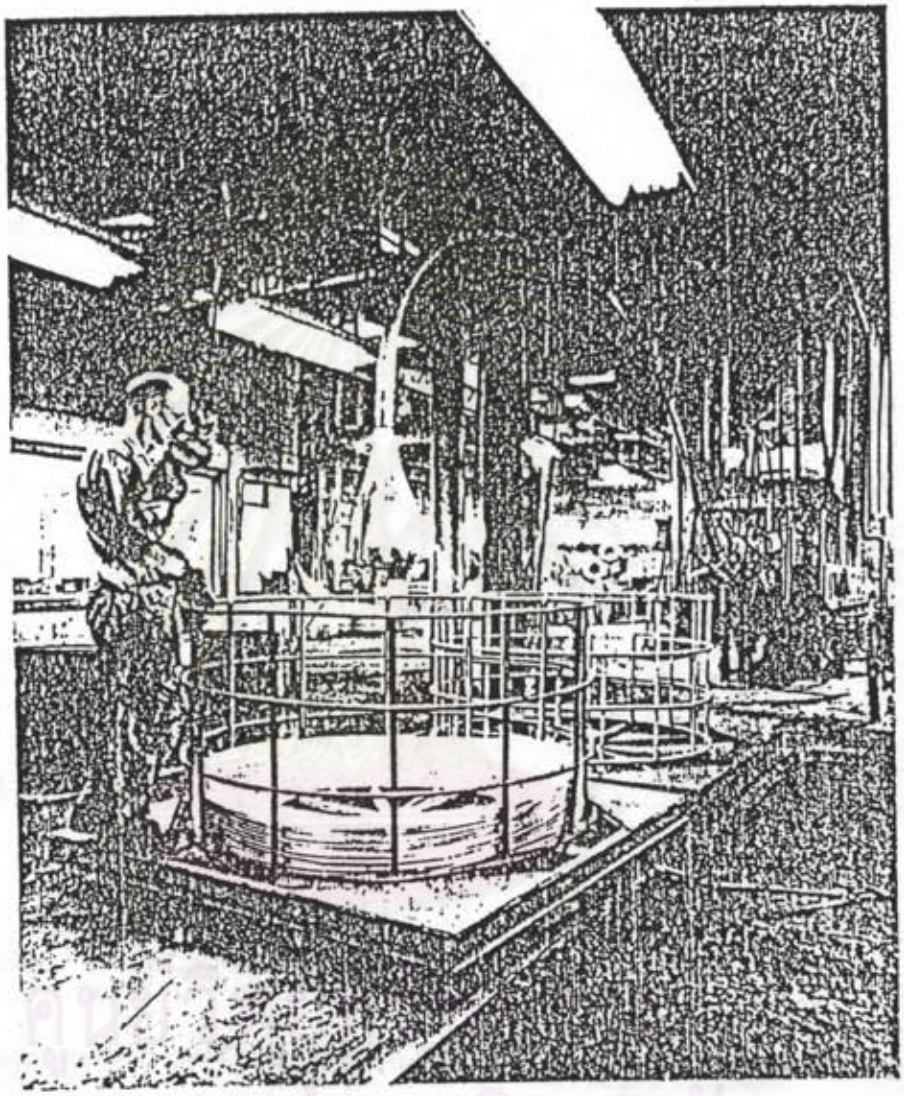
Mini 8/13 Mill Sequence (1973)



รูปที่ 7 ลักษณะของแท่งอลูมิเนียมลดขนาด



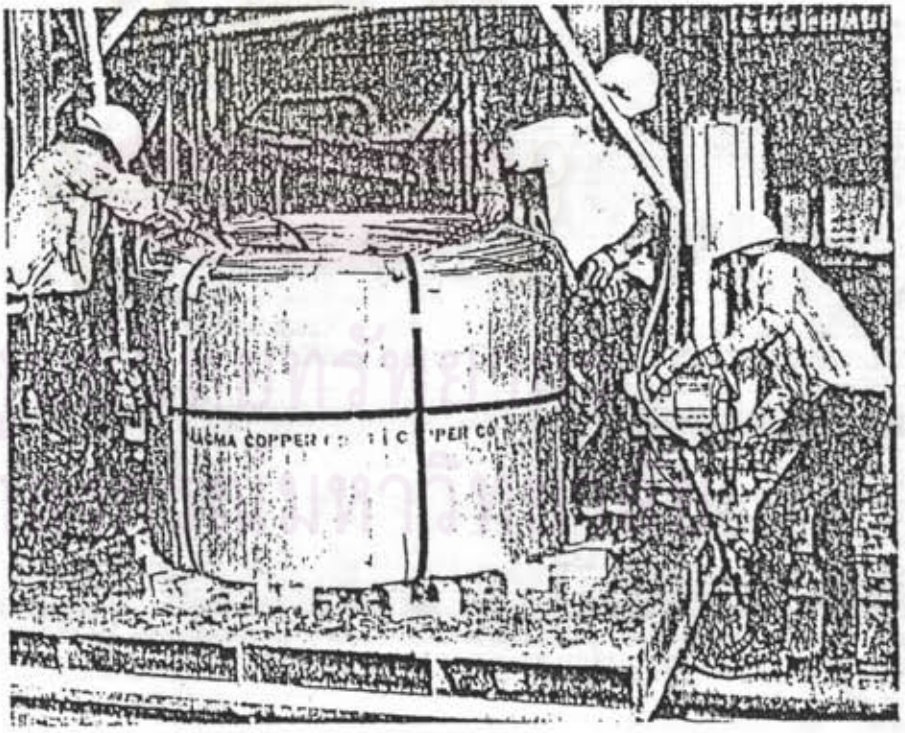
รูปที่ 8 ลักษณะขั้นตอนการหลอม หล่อ รีด ม้วน



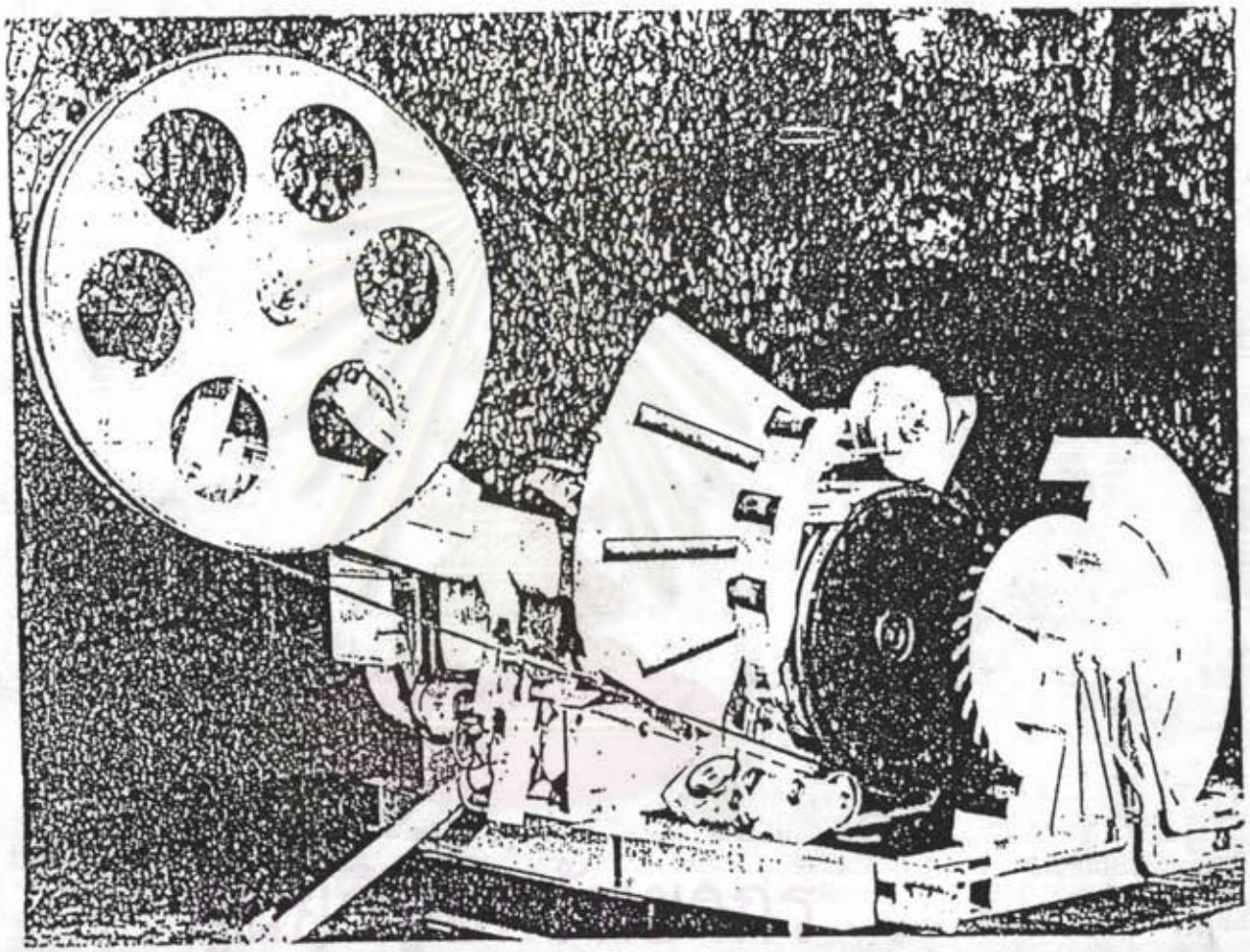
รูปที่ 9 เครื่องทำม้วน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

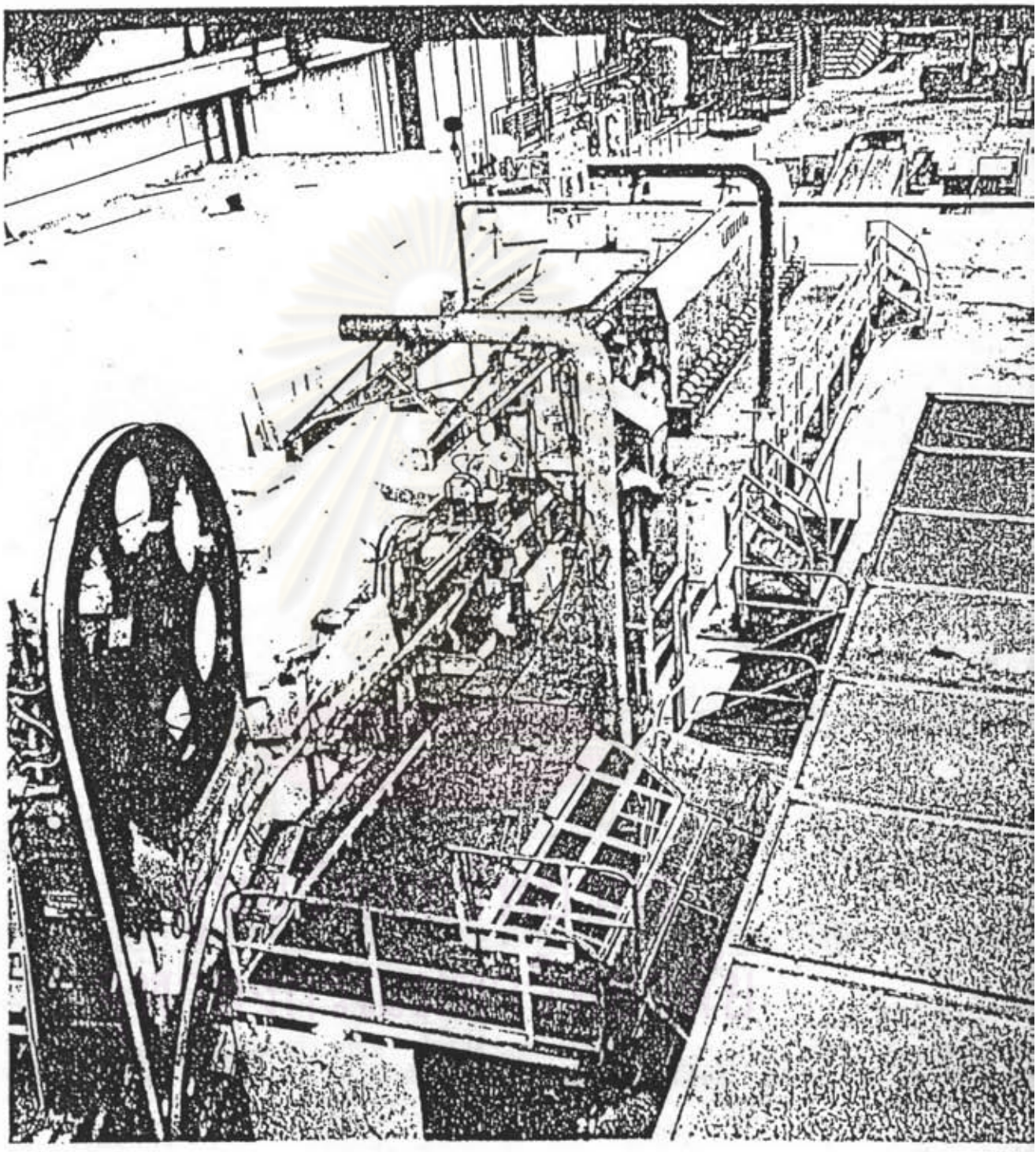
รูปที่ 10 ม้วนอลูมิเนียมสำเร็จ



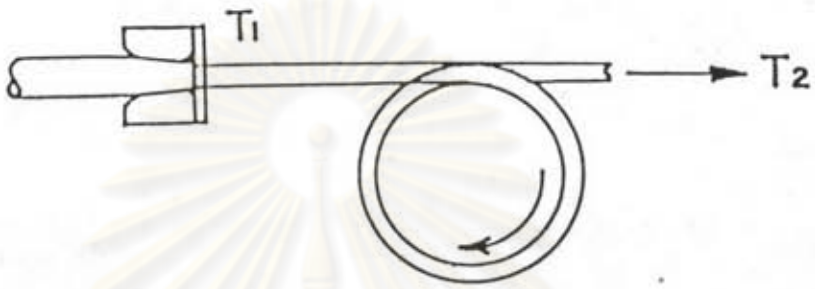
รูปที่ 11 การบรรจุม้วนอลูมิเนียม

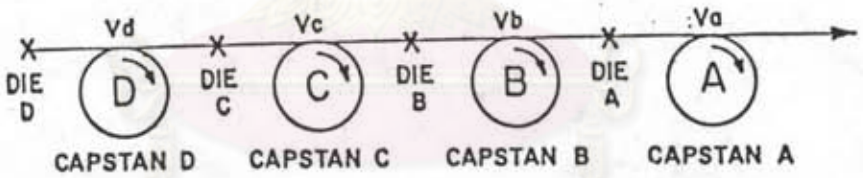


รูปที่ 12 ลักษณะเครื่องหล่อต่อเนื่อง



รูปที่ 13 ลักษณะการเทหล่อต่อเนื่อง



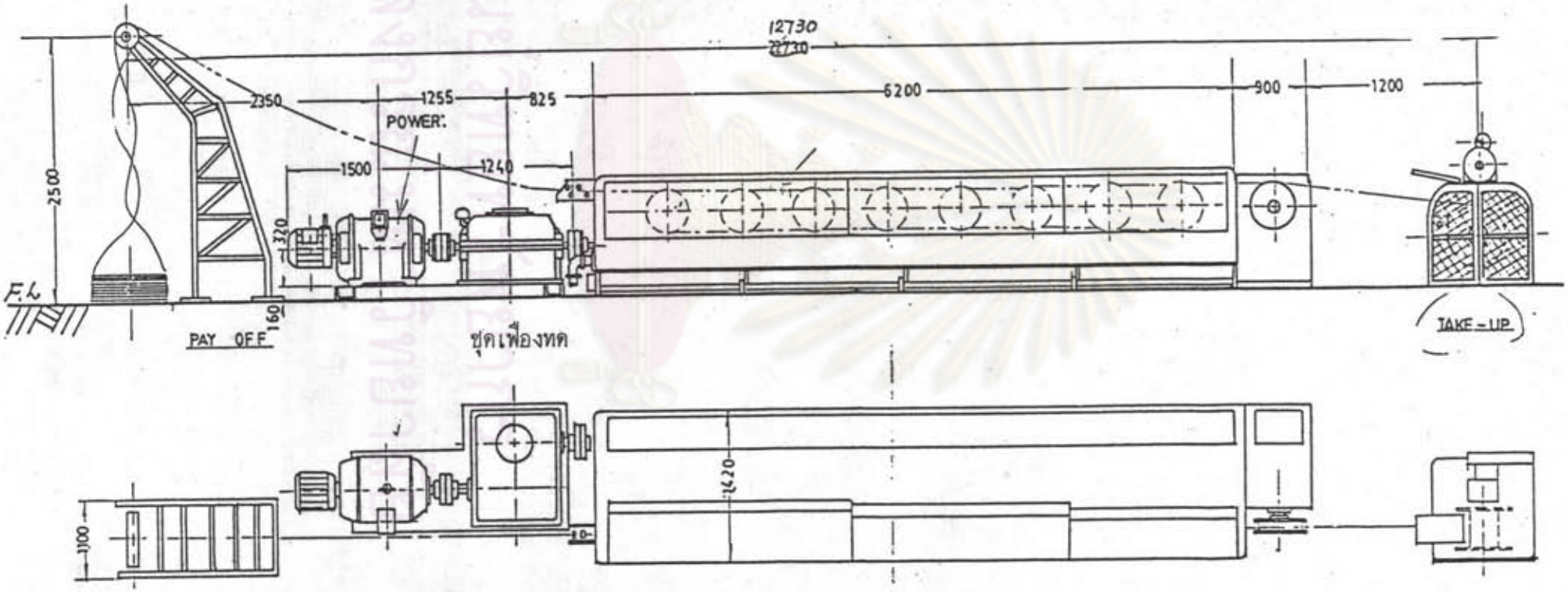


V_x = ความเร็วของลวด

รูปที่ 14 วิธีลดขนาดอลูมิเนียมเส้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17418471



รูปที่ 15 เครื่องรีด

3. ขั้นตอนการเกลียวสาย การผลิตในขั้นตอนนี้ใช้ลวดอลูมิเนียม 2.52 มม.ที่ผ่านการทดสอบคุณภาพแล้วมาป้อนเข้าเครื่องจักรโดยใช้รอกไฟฟ้า 7 ล้อ วางเรียงในแนวนอนตามลักษณะบรรจุของเครื่องเกลียวสาย (สายอลูมิเนียมดีเกลียวเปลือยขนาด 35 มม. ประกอบด้วยลวดจำนวน 7 เส้น นำมาควั่นเกลียวรวมกัน) จากนั้นดึงสายลวดออกมาจัดรวมกันที่จุดรวม ซึ่งมีหัวรีดที่ทำจากไม้ แมกกาไลท์ หรือทังสเตน ดึงลวดที่นำมารวมกันด้วยมู่เล่ย์ (Capstan wheel) การผลิตสายเกลียวเปลือย เครื่องจักรจะทำงานบิดเกลียวไปทางซ้าย และในเวลาเดียวกันมู่เล่ย์จะดึงสายเกลียวออกไปด้วย มู่เล่ย์กับโรเตอร์ที่บรรจุสายจะทำงานสัมพันธ์กันตลอดเวลา สายเกลียวที่ผ่านมู่เล่ย์จะถูกนำส่งเข้าเก็บที่เครื่องม้วนซึ่งมีล้อไม้สำหรับบรรจุสายเกลียวที่สำเร็จแล้ว ในการควบคุมคุณภาพจะตัดสายสำเร็จไปเป็นตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ จำนวนเส้นลวด เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก เส้นผ่าศูนย์กลางของลวด ทิศทางของเกลียวและสัดส่วนการบิด หลังจากการทดสอบนี้แล้วจะส่งต่อไปบรรจุในขั้นตอนต่อไป

เครื่องจักรและอุปกรณ์ในขั้นตอนการเกลียวสาย (แสดงดังรูปที่ 16) มีดังนี้

ก. มอเตอร์

ข. เครื่องเกลียวสาย

ค. มู่เล่ย์

ง. อุปกรณ์ม้วนสายเกลียว

จ. ระบบเบรค

ฉ. เครื่องนับ

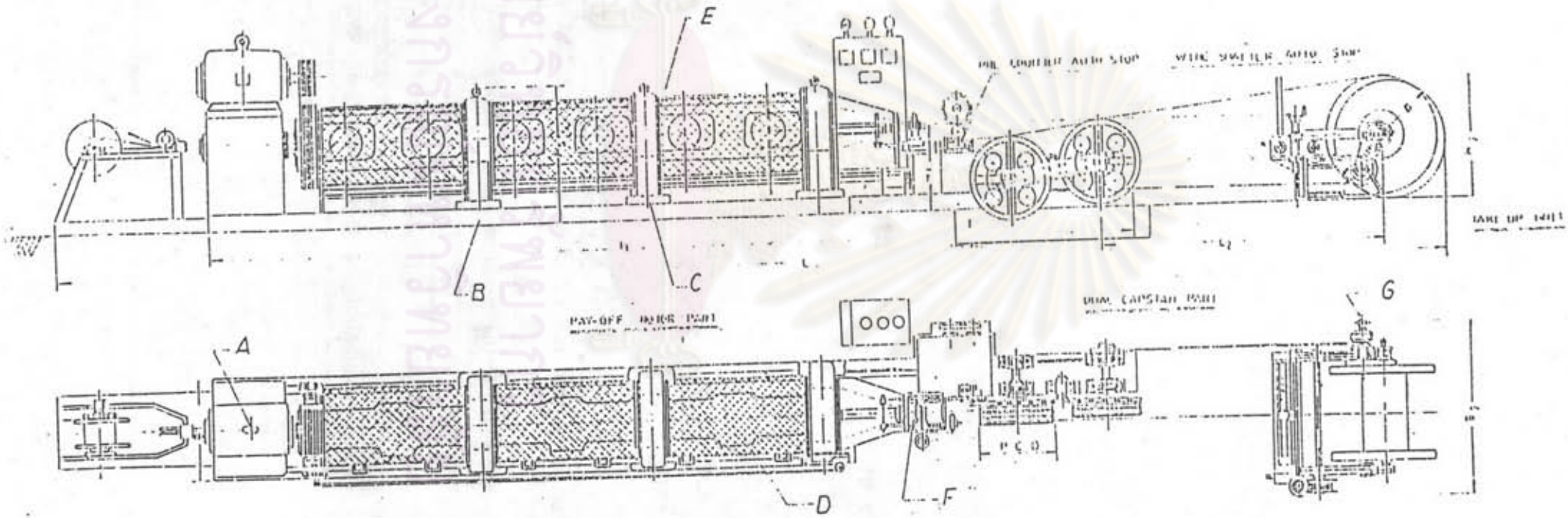
ช. รอกไฟฟ้า

ซ. ล้อเหล็ก (ดังรูปที่ 17)

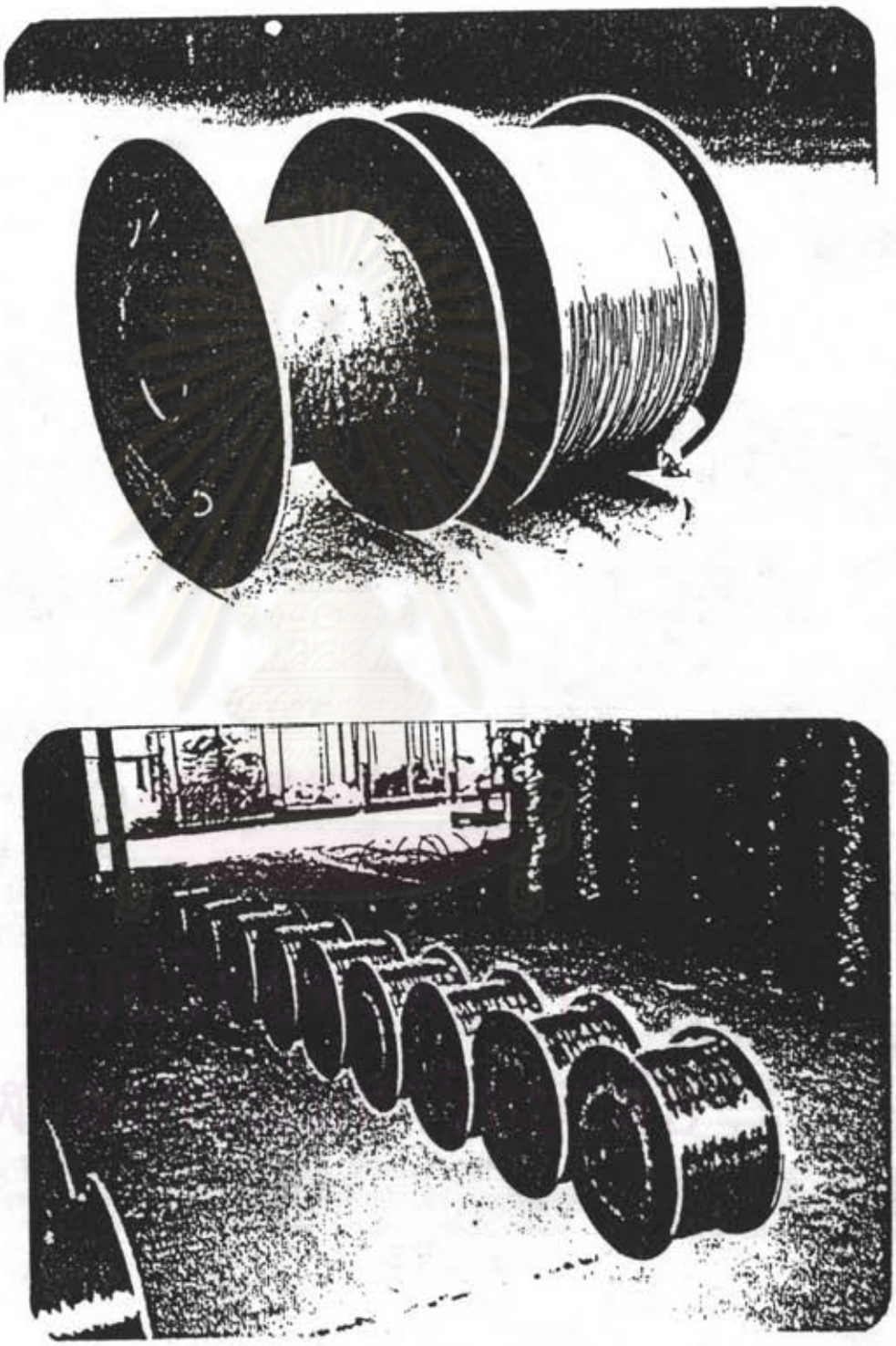
4. ขั้นตอนการบรรจุและจำหน่าย ขั้นตอนการบรรจุเป็นขั้นตอนที่กระทำเมื่อสายเกลียวอลูมิเนียมม้วนเข้าล้อไม้และผ่านการทดสอบคุณสมบัติขั้นสุดท้ายเรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็จะนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักแท้จริง โดยคำนวณจากสมการ

น้ำหนักแท้จริง = น้ำหนักรวม - น้ำหนักล้อไม้

เมื่อได้น้ำหนักแท้จริงแล้ว ก็สามารถนำมาคำนวณเพื่อตรวจหาความยาวที่บรรจุได้แน่นอนยิ่งขึ้น



รูปที่ 16 เครื่องเกลียวสาย



รูปที่ 17 ล้อเหล็กที่บรรจุลวดและล้อที่ไม่ได้บรรจุ

ในการบรรจุจะใช้ไม้แผ่นที่มีขนาดความยาวและความกว้างตามสัดส่วนของล้อไม้ ตีปิดเพื่อป้องกันตัวนำอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือยไม่ให้เสียหายเนื่องจากการขนย้ายและจัดส่ง

การทำเครื่องหมาย หลังจากการบรรจุและชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว ที่ด้านข้างของม้วนล้อทั้งสองด้านต้องทำเครื่องหมายและข้อความดังต่อไปนี้

ก. ชนิด

ข. ขนาด (พื้นที่หน้าตัด)

ค. จำนวนเส้นลวดและขนาดเส้นลวด

ง. ความยาว

จ. น้ำหนักสุทธิและน้ำหนักรวม

ฉ. ชื่อโรงงานผู้ทำ หรือเครื่องหมายการค้า

ช. วันที่ทำ

ช. ระบุลูกศรแสดงทิศทางการม้วนสาย การกลิ้งม้วน และตำแหน่งปลายสาย

ฌ. แสดงเครื่องหมายมาตรฐานซึ่งได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการบรรจุประกอบด้วย

ก. เครื่องหมุนล้อไม้

ข. เครื่องยิงตะปู หรือฆ้อนตีตะปู

ค. ตาชั่ง 10 ตัน

เครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับการผลิตสายไฟฟ้า จะมีบทบาทต่อกำลังการผลิตของโรงงานตัวอย่าง ที่สำคัญคือ

ก. กำลังผลิตของเครื่องจักรและอุปกรณ์

1) เครื่องจักรและอุปกรณ์ในขั้นตอนการหลอมและรีดเส้น แยกออกเป็น

ก) เตาหลอม มี 2 ชุด เป็นเตาหลอมแบบเปิดรีเวอเบอราทอรี

(1) กำลังผลิต 1,000 ตันต่อเดือน

(2) ทำหน้าที่หลอมละลายโลหะอลูมิเนียม

(3) ความสามารถในการหลอมชนิดเตาต่อเตา หมายถึง การเทน้ำโลหะออกจากเตาสลับกันทีละเตา เมื่อเตาที่ 1 เทโลหะหลอมเหลวเกือบหมด เตาที่ 2 ก็เริ่มเทโลหะหลอมเหลวต่อไป ด้วยวิธีการเช่นนี้จะทำให้เกิดการเทโลหะหลอมเหลวได้ต่อเนื่องตลอดเวลา

(4) ปัญหาการผลิต

(ก) มีสารมลทินปะปนในโลหะหลอมละลาย

(ข) อิฐในเตาแตกปะปนกับโลหะหลอมละลาย

ข) อุปกรณ์ระบบเทหล่อ เป็นอุปกรณ์ที่รับโลหะหลอมละลายจากเตาหลอมเพื่อส่งผ่านไปเข้าเครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง

ค) เครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง

(1) กำลังผลิต 1,000 ตันต่อเดือน

(2) ทำหน้าที่หล่อโลหะหลอมละลายให้กลายเป็นแท่ง ตามขนาดที่ต้องการ

(3) สามารถปรับโลหะหลอมละลายเข้าแบบหล่อได้ อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

(4) ปัญหาการผลิต

(ก) สายพานสำหรับปิดแบบหล่อชำรุดเสียหายบ่อย

(ข) โลหะหลอมละลายล้นเข้าหล่อ เนื่องจากมิได้ใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ

ง) เครื่องรีดต่อเนื่อง

(1) กำลังผลิต 1,500 ตันต่อเดือน

(2) ทำหน้าที่รีดอลูมิเนียมแท่งให้ลดขนาดลงเป็นอลูมิเนียมเส้น การรีดจะรีดในขณะที่แท่งอลูมิเนียมยังไม่เย็นตัว

(3) สามารถรีดอลูมิเนียมแท่งได้อย่างต่อเนื่อง

(4) ปัญหาการผลิต

(ก) เส้นอลูมิเนียมวิ่งออกนอกทางบังคับ (อัด rock) ทำให้เสียเวลาในการแก้ไข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ข) เส้นอลูมิเนียมมีลักษณะหน้าตัดไม่กลม

จ) อุปกรณ์หมุนเวียนสารหล่อลื่นและระบายความร้อน เป็นอุปกรณ์สำหรับฉีดสารหล่อลื่นและระบายความร้อนให้แก่หัวฉีดในขณะที่เครื่องทำงาน

ฉ) เครื่องม้วน

(1) กำลังผลิตม้วนอลูมิเนียมเส้นขนาด 8.0 มม. 1,500 ตันต่อเดือน

(2) ทำหน้าที่ม้วนอลูมิเนียมเส้นที่เคลื่อนตัวออกจากเครื่องรีด ทำเป็นขดหรือม้วน ๆ ละ 1.5 - 2 ตัน

(3) สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ

ช) เครน เครนเป็นเครื่องช่วยอำนวยความสะดวกในการยกอลูมิเนียมเส้นออกจากเครื่องม้วน หลังจากอลูมิเนียมเส้นเป็นขดหรือม้วนเรียบร้อยแล้ว

ข. เครื่องจักรและอุปกรณ์ในขั้นตอนการรีดลวดอลูมิเนียม แยกออกเป็น

1) เครื่องรีด มี 3 เครื่อง ชนิด Slip type

ก) กำลังผลิต 1,000 ตันต่อเดือน

ข) ทำหน้าที่รีดลดขนาดอลูมิเนียมเส้น

ค) สามารถรีดอลูมิเนียมเส้นจากขนาด 8.0 มม. เป็นลวดอลูมิเนียมเล็กสุด 1.9 มม. โดยใช้หัวรีด 10 หัว เรียงกันตามแนวนอน และทำงานพร้อมกันทั้ง 10 หัวรีด

ง) ปัญหาการผลิต

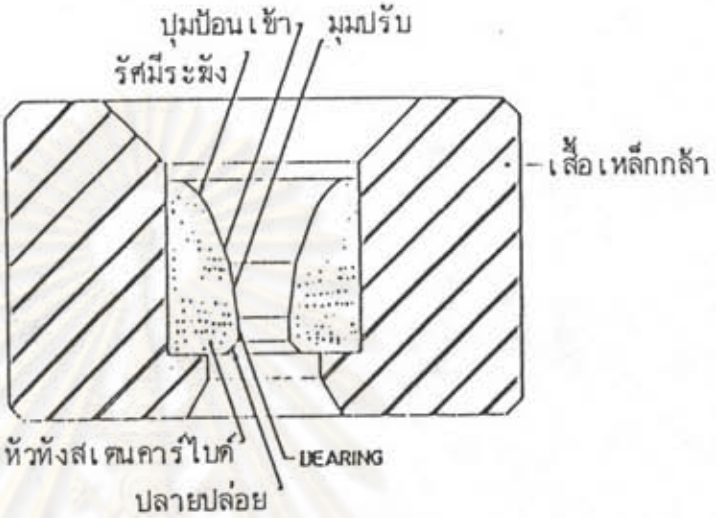
(1) หัวรีดเปลี่ยนขนาดก่อนอายุงานที่กำหนด

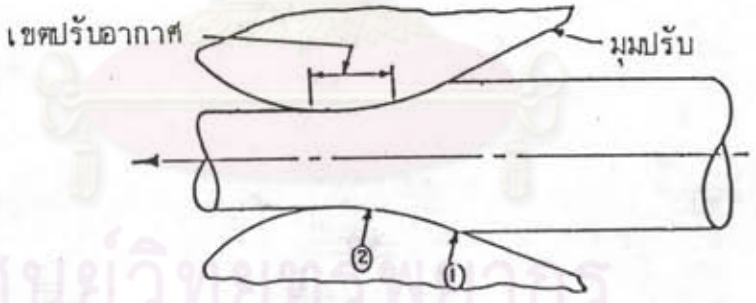
(2) ลวดขาดขณะทำการรีด

2) หัวรีด (รูปที่ 18) เส้นผ่าศูนย์กลางด้านในและรูปร่างของแม่พิมพ์เป็นสิ่งสำคัญมาก โดยขนาดจะเป็นไปตามอัตราการลดขนาดของลวด เนื่องจากแรงและผลของ stress ในลวดแต่ละตอนไม่เท่ากัน หัวรีดที่ใช้ต้องเหมาะสมและมีรูปร่างตามมาตรฐานเพื่อที่จะยืดอายุการใช้งานได้นาน ส่วนประกอบที่สำคัญของหัวรีดคือ

ก) รัศมีวงรีด (Bell radius)

ข) มุมป้อน (Entrance angle)





รูปที่ 18 ลักษณะของหัวรีด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค) การปล่อยในด้านหลัง (Back relief)

ง) มุมรีด (Approach angle)

3) อุปกรณ์ม้วนลวด (Spool Take up) เป็นอุปกรณ์ที่ติดอยู่ทางส่วนหน้าของเครื่องรีด ใช้สำหรับบรรจุล้อเหล็กขนาด 22" เพื่อม้วนลวดอลูมิเนียมที่ผ่านการรีดลดขนาดแล้ว อุปกรณ์ม้วนลวดนี้จะทำงานโดยอัตโนมัติ

4) เครื่องวัดความยาว (Auto Counter) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความยาวของลวดอลูมิเนียม จะมีตัวเลขซึ่งสามารถที่จะกำหนดได้ว่าต้องการความยาวเท่าใด เมื่ออุปกรณ์ม้วนได้ตามความยาวที่ตั้งเอาไว้จะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ

5) ชุดสูบน้ำมันหล่อลื่น (Oil pump) เป็นชุดอุปกรณ์จ่ายน้ำมันหล่อลื่นเลี้ยงหัวรีดตลอดเวลา ฉะนั้นจึงเป็นชุดอุปกรณ์ที่สำคัญมากชุดหนึ่ง เพราะว่าถ้าหากน้ำมันหล่อลื่นเลี้ยงหัวรีดเกิดอุดตันหรือจ่ายไปไม่ครบทุกจุดหรือไม่พอเพียง ลวดอลูมิเนียมจะขาดทันทีที่จุดนั้น ๆ

6) มอเตอร์

ก) ขนาด 150 แรงม้า

ข) เป็นเครื่องต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องรีด

ค) ให้ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที

ค. เครื่องจักรและอุปกรณ์ในขั้นตอนการเกลียวสาย

1) มอเตอร์

ก) ขนาด 50 แรงม้า

ข) ทำหน้าที่ส่งกำลังขับเครื่องเกลียว

ค) ความเร็วสูงสุด 1,200 รอบต่อนาที

2) เครื่องเกลียวสาย (Tubular)

ก) ความเร็วสูงสุดในการบิดเกลียว 345 รอบต่อนาที

ข) ขนาดบิดเกลียวสูงสุด 95 ตารางมิลลิเมตร

ค) ปัญหา

(1) ลวดอลูมิเนียมเป็นเกลียว

(2) ลวดอลูมิเนียมหลุดจากรอกบังคับลวด

(3) ลวดอลูมิเนียมขาดเนื่องจากวัตถุดิบไม่ดี

3) มู่เล่ย์ดึงลวดเกลียว (Capstan Wheel) เป็นอุปกรณ์ที่ต่อตรงจากเครื่องทำเกลียว ทำหน้าที่ดึงลวดทำเกลียวสามารถปรับความเร็วในการดึงโดยการเปลี่ยนเฟืองทดรอบ

4) อุปกรณ์ม้วนสายเกลียว (Take up) อุปกรณ์ชุดนี้ทำหน้าที่ต่อจากมู่เล่ย์ดึงเกลียว โดยจะเป็นตัวม้วนสายเกลียวสำเร็จด้วยล้อไม้ที่บรรจุไว้ก่อนแล้ว

5) อุปกรณ์เบรค เป็นอุปกรณ์ช่วยงานสำหรับช่วยในการทำงานของเครื่องจักรในขณะที่เกิดเหตุขัดข้อง หรือต้องการให้หยุดอย่างกระทันหัน

6) อุปกรณ์วัดความยาว เป็นชุดอุปกรณ์ที่ตั้งความยาวตามกำหนด และเป็นตัวหยุดการทำงานของเครื่องโดยอัตโนมัติเมื่อได้ความยาวตามต้องการ

7) รถยก เป็นอุปกรณ์ช่วยงาน ทำหน้าที่สำหรับยกล้อที่บรรจุลวดเต็มเข้าเครื่องจักรและยกล้อเปล่าที่ใช้งานแล้วออกจากเครื่องจักร

ง. เครื่องจักรและอุปกรณ์การบรรจุและจำหน่าย

1) เครื่องหมุนล้อไม้ ทำหน้าที่หมุนล้อไม้ขณะทำการบรรจุ เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการบรรจุ ล้อไม้จะหมุนไปในตำแหน่งที่ต้องการยิงตะปูปิดไม้ด้านบนล้อ

2) เครื่องยิงตะปูและม้อนตีตะปู เครื่องยิงตะปูสำหรับปิดล้อไม้นี้สามารถยิงตะปูโดยอัตโนมัติขณะบรรจุและปิดล้อ แต่ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้ตะปูตัวใหญ่ เครื่องยิงจะยิงตะปูลงบนไม้ไม่สนิท จึงจำเป็นต้องใช้ม้อนส่งหรือย้ำให้แน่นอีกครั้ง

3) ตาชั่ง 10 ตัน ใช้สำหรับตรวจชั่งน้ำหนักที่แท้จริงของตัวนำอลูมิเนียมตีเกลียวหรืองานอื่น ๆ

4) รถยก เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการขนย้าย ยกผลิตภัณฑ์นำออกไปชั่งบรรจุและจัดส่ง

<u>กรรมวิธีการผลิตสายไฟฟ้าทองแดง</u>

1. <u>ขั้นตอนการหลอมและหล่อทองแดง</u> ขั้นตอนนี้เริ่มด้วยการนำเศษทองแดงซึ่งรับซื้อจากลูกค้าในประเทศ แล้วนำเศษทองแดงนี้มาหลอมละลายให้เป็นน้ำอโลหะก่อน อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมประมาณ 1,000 - 1,100 °C แล้วเทลงเบ้าในรูปแบบของ Copper Ingot

เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการหลอมและหล่อทองแดง

ก. เตาหลอมทองแดง

ข. เบ้าหลอมโลหะ

2. ขั้นตอนการรีดลวด ในขั้นตอนนี้นำเอา Copper Ingot ที่ได้จากการหลอมและที่ได้สั่งซื้อจากต่างประเทศ (ส่วนใหญ่สั่งซื้อมาจากประเทศไต้หวันและประเทศอังกฤษ) ไปทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 700 - 800 °C เพื่อที่จะนำมาทำการรีดให้เป็นทองแดงเส้นขนาด 8.0 มม. ต่อไป

หลังจากรีดเป็นทองแดงเส้นขนาด 8.0 มม. จะนำทองแดงเส้นนี้ไปทำการทดสอบขนาดและคุณสมบัติต่าง ๆ จากนั้นจึงนำมาป้อนเข้าเครื่องรีดลดขนาด โดยใช้หัวรีดทังสเตนจำนวน 10 หัวรีด ลดขนาดจาก 8.0 มม. ลดลงเรื่อย ๆ จนถึง 0.14 มม.

ในแต่ละจุดที่เส้นลวดผ่านหัวจับแม่พิมพ์ จะมีน้ำมันหล่อลื่นฉีดเลี้ยงหัวรีดเพื่อช่วยลดการเสียดสีและระบายความร้อน เมื่อรีดผ่านหัวรีดหัวสุดท้ายเส้นลวดก็จะวิ่งผ่านเครื่องนับ (Auto Counter) ชนิดที่ตั้งความยาวแบบอัตโนมัติเข้าเครื่องม้วนลวดและการทำงานของเครื่องจักรจะสิ้นสุดลงเมื่อได้ความยาวตามต้องการ เครื่องจักรจะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ

เครื่องจักรและอุปกรณ์ในขั้นตอนการรีดลวด

ก. เครื่องรีด (Rough Wire drawing machine slip type)

ข. หัวรีด

ค. เครื่องม้วนสาย

ง. เครื่องวัดความยาวของเส้นลวดอัตโนมัติ (Wire Length Auto-Counter)

จ. เครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่น

ฉ. มอเตอร์

3. ขั้นตอนการเกลียวสาย การผลิตขั้นตอนนี้ วัตถุดิบที่นำมาป้อนเครื่องจักรคือลวดทองแดงขนาด 0.7 มม. ที่ผ่านการทดสอบคุณภาพแล้วนำมาป้อนเข้าเครื่องจักร เพื่อที่จะให้สายมีขนาดพื้นที่หน้าตัดตามที่ลูกค้าต้องการ ผลของการตีเกลียวก็เพื่อที่จะทำให้สายอ่อนตัว (Flexible) เช่น ขนาด 16 มม., 25 มม., 35 มม. เป็นต้น แต่ถ้าเป็นสายขนาดพื้นที่หน้าตัดเล็กก็ไม่จำเป็นที่จะต้องนำมาตีเกลียว

เครื่องจักรและอุปกรณ์ในขั้นตอนการเกลียวสาย

ก. มอเตอร์

ข. เครื่องเกลียวสาย

ค. มูเล่ย์ดึงลวดเกลียว

ง. อุปกรณ์ม้วนสายเกลียว

จ. ระบบเบรค

ฉ. เครื่องนับ

ช. รอกไฟฟ้า

ซ. ล้อเหล็ก

4. ขั้นตอนการหุ้มฉนวน เมื่อสายไฟฟ้าทองแดงได้ผ่านการตีเกลียวแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือจะต้องนำมาหุ้มฉนวน อาจจะหุ้ม 2 ชั้น หรือมากกว่านี้ แล้วแต่ลักษณะของสายไฟฟ้าทองแดง แต่ถ้าเป็นสายที่ลูกค้าสั่งมาเป็นสายเปลือยก็ไม่จำเป็นต้องนำมาหุ้มฉนวน

เครื่องจักรและอุปกรณ์ในขั้นตอนการหุ้มฉนวน

ก. เครื่องหุ้มฉนวน

5. ขั้นตอนการบรรจุและจำหน่าย ขั้นตอนการบรรจุเป็นขั้นตอนที่กระทำเมื่อสายเกลียวทองแดงม้วนเข้าล้อไม้เรียบร้อยแล้ว และจะต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติขั้นสุดท้าย จากนั้นก็จะนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักแท้จริง ดังนี้

น้ำหนักแท้จริง = น้ำหนักรวม - น้ำหนักล้อไม้

เมื่อได้น้ำหนักแท้จริงก็สามารถนำมาคำนวณ เพื่อตรวจทานความยาวที่บรรจุได้แน่นอนยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าการผลิตสายไฟฟ้าทองแดงนั้นมีหลายชนิด หลายขนาด ดังนั้น ในการบรรจุสายขนาดเล็กก็อาจจะบรรจุเป็นห่อพลาสติกก็ได้ แต่ถ้าเป็นสายเกลียวก็จะต้องบรรจุลงในล้อไม้

การทำเครื่องหมายหลังจากการบรรจุและชั่งน้ำหนักรวมเรียบร้อยแล้ว จะทำบนด้านข้างของม้วนล้อทั้งสองด้าน โดยมีเครื่องหมายและข้อความดังต่อไปนี้

ก. ชนิด

ข. ขนาด (พื้นที่หน้าตัด)

ค. จำนวนเส้นลวด และขนาดเส้นลวด

ง. ความยาว

จ. น้ำหนักสุทธิ และน้ำหนักรวม

ฉ. ชื่อโรงงานผู้ทำ หรือเครื่องหมายการค้า

ช. วันที่ทำ

ช. ระบุทิศทางการม้วนสาย การกลิ้งม้วน และตำแหน่งปลายสาย

ฌ. เครื่องหมายมาตรฐาน ซึ่งได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการบรรจุประกอบด้วย

ก. เครื่องหมุนล้อไม้

ข. เครื่องยิงตะปู หรือฆ้อนตีตะปู

ค. ตาชั่ง 10 ตัน

ง. เครื่องหุ้มพลาสติก

จ. รถยก

<u>กรรมวิธีการผลิตสายโทรศัพท์</u> (Telephone Cable)

สายโทรศัพท์เป็นสายไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งจัดอยู่ในประเภททนแรงดันไฟฟ้าได้ต่ำ ใช้สำหรับส่งสัญญาณหรือข้อความในการติดต่อสื่อสารจากสถานที่แห่งหนึ่งไปยังสถานที่อีกแห่งหนึ่ง

วัตถุดิบที่ใช้ทำมีหลายชนิดคือ

ก. Copper Wire Rod.

ข. พลาสติกทนอุณหภูมิสูงและแม่สี (Thermoplastic & Pigment)

ค. เทปสีหรือด้ายสี (Prestress PE Tape or Thread)

ง. เทปกันความชื้น (Non-hygrossopic Tape)

จ. เทปอลูมิเนียม (Aluminium Tape)

ฉ. Filling Compound

ช. เหล็กเส้นตีเกลียว (Stranded Steel Wires)

1. ลำดับขั้นตอนการผลิต

ก. การเตรียมตัวนำ ตัวนำที่นำมาใช้ทำสายโทรศัพท์คือทองแดง ได้มาจากการรีด (Drawing) ลดขนาด Copper Wire Rod ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ เช่น 0.4, 0.5, 0.65 หรือ 0.9 มม. เป็นต้น ในระหว่างการรีดจะมีการอบนิ่ม (Annealing) ผลของการผลิตขั้นตอนแรกที่ได้เรียกว่าทองแดงอบนิ่ม (Cu Soft Wire)

ข. การหุ้มฉนวนตัวนำ ทองแดงอบนิ่มที่ได้จากขั้นตอนแรกหลังจากผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติแล้วจึงนำมาหุ้มฉนวน วัตถุดิบที่ใช้คือพลาสติกทนอุณหภูมิสูง เช่น โพลีเอ็ทธิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene) โฟมของโพลีเอ็ทธีลีน (Polyethylene Foam) หรือ โพลีวินิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) เป็นต้น การเลือกใช้อาจใช้พลาสติกชนิดใดชนิดเดียว หรือบางครั้งใช้สองชนิด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการทั้งในทางกลและทางไฟฟ้า

ในสายโทรศัพท์แต่ละสายจะประกอบด้วยจำนวนคู่สายหลาย ๆ คู่สายเสมอ จึงต้องมีวิธีแสดงให้ผู้ใช้งานทราบว่าคู่สายแต่ละคู่เป็นคู่สายที่เท่าใด โดยใช้วิธีแยกสีของคู่สายให้ต่างกัน ในการผลิตจะใช้แม่สีผสมลงไปในพลาสติกทนอุณหภูมิสูงที่นำมาใช้หุ้มตัวนำ เพื่อแยกสีของฉนวนให้ต่างกัน ผลผลิตที่ผ่านขั้นตอนนี้เรียกว่า สายหุ้มฉนวน (Insulated Wire)

ค. การเกลียวคู่สาย (Pairing) เมื่อสายหุ้มฉนวนผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติแล้ว จะนำสายมาบิดให้เป็นเกลียวรวมกันเป็นคู่ ๆ โดยจะจัดคู่สีตามการออกแบบ ซึ่งส่วนมากจะออกแบบให้มีคู่สี 25 คู่สี โดยทั้ง 25 คู่สีของฉนวนที่นำมาจับคู่กันจะไม่ซ้ำกันเลย ผลผลิตที่ผ่านขั้นตอนนี้เรียกว่าคู่สาย (Paired Wire)

ง. การประกอบคู่สาย (Core Assembling) คือการนำเอาคู่สายที่ผ่านการตรวจสอบเรียบร้อยแล้วมาตีเกลียวรวมกันเข้าเป็นคู่สายรวม (Core Assembly) ในการตีเกลียวจะออกแบบให้มีคุณสมบัติทางกลและทางไฟฟ้าที่ดี โดยให้มีจำนวนของชั้นและกลุ่มที่ตีเกลียวต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ภายในสายโทรศัพท์มีจำนวนคู่สายมาก ๆ มีจำนวนชั้นและกลุ่มมากไปด้วย จึงจำเป็นต้องมีวิธีแยกชั้นและกลุ่มของสายให้รู้ว่าเป็นชั้นใดและกลุ่มใด ดังนั้น จึงใช้เทปสีหรือด้ายสีพันรอบ ๆ กลุ่ม โดยอาศัยความแตกต่างของสีของเทปและด้ายเป็นเครื่องแสดงว่าเป็นชั้นที่เท่าไร หรือกลุ่มอันดับที่เท่าไร

การออกแบบการประกอบคู่สาย มักจะต้องคำนึงถึงการทำให้คู่สายรวมมีลักษณะกลม เพื่อสะดวกในการผลิตของขั้นตอนต่อไป และเนื่องมาจากคู่สายที่นำมาตีเกลียวมีความอ่อนตัวและฉนวนที่หุ้มมามีลักษณะบาง อันอาจจะเกิดการเสียหายจากความร้อนของการหุ้มเปลือกนอกในขั้นตอนต่อไป ดังนั้น จึงต้องใช้เทปกันความชื้นพันรอบคู่สายรวม เพื่อให้มีลักษณะกลมและคงตัวอยู่ตลอดเวลา เทปจะป้องกันความร้อนไม่ให้ทำลายฉนวนของคู่สายให้เสียหายได้

จ. คู่สายรวมที่ผ่านการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว จะนำไปผลิตในขั้นตอนต่อไป โดยแยกการผลิตออกเป็นชนิดของสายได้หลายประเภท ซึ่งบางประเภทจะมีการใส่ (อัด) สารประเภทพาราฟินเข้าไปในคู่สายรวมในขณะที่กำลังดำเนินการผลิตขั้นตอนนั้นอยู่ เพื่อให้มีผลในการป้องกันความชื้นที่จะแทรกซึมเข้าไปในตัวสายขณะที่ใช้งาน เราอาจแบ่งขั้นตอนการผลิตออกได้ 3 วิธี คือ

1) การหุ้มเปลือก (Jacketing) โดยปราศจากเทปป้องกันสนามไฟฟ้า วัตถุดิบที่นำมาหุ้มคือ พลาสติกทนอุณหภูมิสูง ได้แก่ โพลีวินีลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) สายโทรศัพท์ประเภทนี้ได้แก่สายประเภท สายภายในอาคาร (Indoor Cable) และสายภายในศูนย์ควบคุม (Terminating Cable)

2) การหุ้มเปลือกพร้อมกับหุ้มเทปป้องกันสนามไฟฟ้า (Shield) วัตถุดิบที่นำมาหุ้มคือ พลาสติกทนอุณหภูมิสูง ได้แก่ โพลีเอ็ทธีลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene) เป็นเปลือกนอกของตัวสาย และมีเทปอลูมิเนียมห่อรอบคู่สายรวมภายใต้เปลือกนอก เพื่อผลทางไฟฟ้าและป้องกันการรบกวนของสนามไฟฟ้าจากภายนอกสาย

3) การหุ้มเปลือกพร้อมกับเทปป้องกันสนามไฟฟ้า และส่วนรับน้ำหนักเมื่อแขวนสายโทรศัพท์ประเภทสายลอย (Aerial Cable) บางครั้งการใช้งานจำเป็นต้องแขวนบนเสา จึงจำเป็นต้องมีเหล็กเส้นตีเกลียวทำหน้าที่เป็นตัวรับภาระแรงดึงที่เกิดขึ้นในขณะแขวนสายเมื่อใช้งาน

ฉ. การผลิตในทุกขั้นตอนและสิ้นสุดขั้นตอนจะมีการตรวจสอบที่เรียกว่า การตรวจสอบกระบวนการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพ (Propeties Inspection) เพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ถูกต้องและคงที่ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานเสมอ